

EP 0952427  
US 6349249

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-275045

(P2000-275045A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

C172  
892

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード* (参考)
G 0 1 C 15/00		G 0 1 C 15/00	A 2 C 0 3 2
			B 2 F 0 2 9
E 2 1 F 17/00		E 2 1 F 17/00	9 A 0 0 1
G 0 1 C 21/16		G 0 1 C 21/16	
G 0 9 B 29/10		G 0 9 B 29/10	Z

審査請求 有 請求項の数26 OL (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-115295  
(22) 出願日 平成11年4月22日 (1999.4.22)  
(31) 優先権主張番号 6 5 8 8 0  
(32) 優先日 平成10年4月24日 (1998.4.24)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591017261  
インコ、リミテッド  
INCO LIMITED  
カナダ国オンタリオ州、トロント、キン  
グ、ストリート、ウエスト、145、スウィ  
ート、1500  
(72) 発明者 ビーター、ディー、カニンガム  
カナダ国オンタリオ州、サドバリー、プラ  
ムツリー、クレセント、120  
(74) 代理人 100064285  
弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

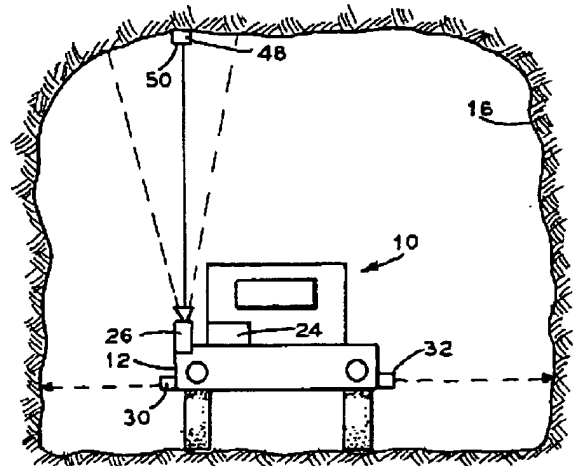
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動化されたガイド兼測定装置および移動自在なプラットフォームを測定しナビゲートする方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 坑道の平面図を作成したり、地中の坑道または構造物を正確に横断したり、測定したりすることができる、自動化された移動測位装置を提供する。

【解決手段】 この発明は、鉱山やビルのような壁のある環境内の位置を正確に決定し得る、自動化されたガイド装置に関する。慣性測定ユニット18およびグレイスケールビジョンシステムプロセッサ24/カメラ26を内蔵する移動自在なユニットが、その位置を初期化し、次に環境内の位置を更新することができるようになっていいる。この装置は特に坑道16内の平面図 (TOPE S) を作成するのに適合しており、かかる環境を通過する機器をガイドするのに適している。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】環境内に配置された支持体と、この支持体に取り付けられた多次元の位置測定器と、支持体上の場所と環境内の離隔した構造部材との間の距離を測定することができる少なくとも1つの距離測定ユニットと、正確でない大きさの許容可能なマージン内で装置の近くの所定の目標を探し、最初に環境内の装置の位置を決定するためのビジョンシステムプロセッサと、多次元位置測定器および距離測定ユニット、ならびにビジョンシステムプロセッサと通信する中央処理ユニットのインテリジェンスコーディネータと、多次元位置測定器に応答し、装置の位置を連続的に更新し決定するための手段と、前記ビジョンシステムプロセッサに接続された画像受信機とを備えた、自動化されたガイド兼測定装置。

【請求項2】多次元位置測定器が慣性測定ユニットである、請求項1に記載の装置。

【請求項3】ジャイロスコープを含む、請求項2に記載の装置。

【請求項4】リングレーザジャイロスコープを含む、請求項3に記載の装置。

【請求項5】支持体が移動自在である、請求項1に記載の装置。

【請求項6】距離測定ユニットがレーザスキャナおよびレーザレンジファインダからなる群から選択されたものである、請求項1に記載の装置。

【請求項7】ビジョンシステムプロセッサがグレイスケールの視野エッジ座標ファインダを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項8】グレイスケールの視野エッジ座標ファインダに接続されたビデオカメラを含む、請求項7に記載の装置。

【請求項9】環境の物理的測定値を得るための手段を含む、請求項1に記載の装置。

【請求項10】装置と通信する坑道平面図作成器を含む、請求項1に記載の装置。

【請求項11】地中探掘装置と通信する、請求項1に記載の装置。

【請求項12】ゼロ速度更新ステータスインジケータを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項13】遠隔操作される移動プラットフォームを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項14】装置のアドバンスインジケータを開始させるための手段を含む、請求項12に記載の装置。

【請求項15】少なくとも1つの表面を有する所定の領域を通過する移動自在なプラットフォームを測定しナビゲートする方法であって、

a) 慣性測定ユニットを移動プラットフォームに設けるステップと、

b) 所定の領域の位置パラメータを記憶し、更新の可能な中央処理ユニットと慣性測定ユニットとを通信させる

ステップと、

c) 移動プラットフォームと所定の領域の表面との間の距離を測定し、この距離を中央処理ユニットに導入するステップと、

d) グレイスケールの視野エッジ座標ファインダを利用し、所定の領域における既知のマーカを検出し、移動自在なプラットフォームの初期位置を決定するステップと、

e) 慣性測定ユニットが領域における移動自在なプラットフォームの現在位置を決定することができるレートで領域を通過するように、移動自在なプラットフォームを移動させるステップと、

f) 所定領域の位置パラメータを中央処理ユニットに記憶し更新するステップと、

g) 所定領域の所定の次元特性を決定し、測定し、記録するステップとを備えた、移動自在なプラットフォームを測定しナビゲートする方法。

【請求項16】中央処理ユニットにおける所定の次元特性を周期的に再検討することにより、所定領域の坑道平面図を作成するステップを含む、請求項15に記載の方法。

【請求項17】慣性ナビゲートユニットがジャイロスコープである、請求項15に記載の方法。

【請求項18】ジャイロスコープがビームレーザジャイロスコープである、請求項17に記載の方法。

【請求項19】グレイスケールの視野エッジ座標ファインダと通信するビデオカメラに所定領域の表面上の既知のマーカを撮影させる、請求項15に記載の方法。

【請求項20】グレイスケールの視野エッジ座標ファインダと慣性測定ユニットがタンデムに作動し、レバーアームによりビデオカメラの視野の中心における固定ポイントの特徴を基準として移動自在なプラットフォームの初期位置を決定する方法であって、慣性測定ユニットにレバーアームを記憶させるステップと、ビデオカメラの視野の中心からの第1位置をリポートするステップと、ビデオカメラの視野内の既知のマーカに対する第2位置をリポートするステップと、第1位置と第2位置との間のピクセルに基づくオフセット座標を決定するステップと、ピクセルに基づくオフセット座標を実世界の次元座標に変換するステップとを有し、前記第1位置および第2位置は少なくともピクセルに基づく座標で記憶されている、請求項19に記載の方法。

【請求項21】探掘機器の作動と組み合わせて利用される、請求項15に記載の方法。

【請求項22】移動自在な車両と組み合わせて利用される、請求項15に記載の方法。

【請求項23】少なくとも1つのゼロ速度更新を開始することを含む、請求項15に記載の方法。

【請求項24】構造物内で実行される、請求項15に記載の方法。

【請求項25】地中の坑道内で実行される、請求項24に記載の方法。

【請求項26】方法アドバイスインジケータを設けるステップを含む、請求項15に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的には探査技術に関し、より詳細には坑道のアウトラインの平面図を作成するのに特に適した、自動化された測位装置に関する。

【0002】

【従来の技術】地中の探掘計画を策定するには坑道の平面図(TOPES)が必要である。現在の技術はストープおよびひ(樋)押しを物理的にトラバース(横断)し、坑道の平面図のための未加工の生データを得るために、従来の探査技術および機器を使用する熟練した探査者のチームを必要とする。生データはあるポイントから他のポイントまでの距離測定値から成り、探査者によって収集されたデータは坑道の平面図を作成するためにCADソフトウェアパッケージへ送られる。

【0003】地下坑へ探査団を派遣することは危険であり、面倒な作業である。また、熟練した人員を寄せ集め作業させることは、地中の探掘コストに影響を与える。

【0004】コスト低減および注目される安全上の問題に対する不断の要望により、硬質岩石の探掘業者の側に坑道を掘るシステムを自動化したいという不断のニーズが存在している。できるだけ多く自動化し、サイクルをできるだけ最短にすることにより鉱山の実際の作業現場に人員を配置することにより生じる危険性および出費を低減することができる。坑夫またはその他の鉱山の専門家を安全な隔離した位置、好ましくは地上に配置することにより、安全性、コスト効率および生産性を増すことができる。

【0005】特にロボット探掘技術は信頼できるナビゲーションおよび測位システムを必要とする。表面探掘(その他の活動を含む)は、地球の衛星ナビゲーションを使った衛星測位システム(GPS)を使用することにより確実に成功している。

【0006】地中の鉱山および所定の表面構造体内では、軌道を周回する衛星からの信号は目標とする機器に到達することができない。従って、これまで複雑で高度な推測航法システムが開発されている。地中の移動機器を遠隔ガイドし、作動するのに一般的な技術では、音、電磁手段(レーザ、可視光、レーダ)またはジャイロスコープ、もしくはそれらの組み合わせを利用している。

【0007】特に石炭探掘業界は自動化された探掘装置を使用する上で希望の持てる結果を示している。

【0008】米国特許第4,023,861号明細書は、ジャイロスコープ検出器とレーザビーム検出器を有するトンネル掘削機を開示しており、そこでは測定され

たデータにより掘削機が切羽を掘削する際の掘削機の方位を維持している。

【0009】米国特許第4,884,847号明細書は、部分的に現在の鉱山のパラメータと先に記憶された鉱山のパラメータとを比較することにより、ロボット探掘コンベアを作動する方法を極めて広義に開示している。この特許明細書は過度に多くの詳細を示すことなく、この発明を鉱山のマップ作成に使用できることも述べている。遠隔操作される装置の問題はX-Y-Z空間における初期の基準データポイントを固定することにある。ナビゲーションシステムで使用される複雑な相対的測位アルゴリズムにより、跳躍点を高い精度で測定しなければならず、そうしない場合、小さい誤差でさえも短時間で増幅され、装置の踏査能力を不能にしてしまう。坑道平面図作成システムを使用している場合、この問題は特に面倒なこととなる。クリティカルなパラメータが問題となる場合、わずかなずれがあっても得られるマップが価値のないものとなり得る。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従って、労働力を集約することなく、地中の坑道および囲まれた構造物の正確な坑道の平面図を作成したいというニーズがある。

【0011】本発明は、坑道の平面図を作成したり、その他の用途のために地中の坑道または構造物を正確に横断し、測定したりすることができる、自動化された移動測位装置を提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の装置は、慣性測定ユニットと、中央処理ユニットと、レーザレンジファインダ(距離計)と、レーザスキャナと、レーザポイントと、グレイスケールビジョンシステムと、移動プラットフォームとを含む。

【0013】この装置は装置自身の位置を正確に初期化でき、信頼できる状態でその位置をトラバースすることができる。装置が動き回る際に、装置は正確な坑道平面図のためのデータを収集する。

【0014】本発明はトンネル探査およびビルの調査に特に有効である。また本発明は、他の地中および地表の車両をガイドするのに使用することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1を参照すると、ここには坑道平面図作成装置10の略図が示されている。この装置10は自動推進移動プラットフォーム12に取り付けられている(図2参照)。

【0016】プラットフォーム12は内燃エンジンまたは電気モータ(図示せず)を含むことができる。装置が水平坑道16を進む際に、装置10を操縦できる限り、任意の形態の並進手段14、例えばホイールまたはトラックを使用することができる。

【0017】本装置10は坑道の壁を迅速かつ正確に描

写するように構成されている。光学的探査にあたってはオドライトが角度を極めて正確に測定する。測定のすべての初期ポイントは極めて正確でなければならない。プラグやネジのような初期ポイントの記録されたアジマス角、またはその他の同様な、容易に分かる、永久的な測位装置が1度の何分の1かだけずれていても、この最初のポイントからのその後のすべての測定値は誤差が大きくなってしまう。

【0018】従来の探査技術はひ押しの壁を定めるデータポイントの数によっても制限される。探査者によって行われる測定回数は水平坑道16の壁の凹凸によって変わる。

【0019】壁の形状に偏差がある場合は1回の測定を行う。エリアの相対的な重要性が低下するにつれ、例えばひ押しの後部の物理的測定回数を少なくする。この理由は、後部の変化点は重要でないと見なされるからである。

【0020】本明細書に開示した自動化されたシステム10を使用する場合、標準的なマニュアル技術と比較して、そのマニュアル技術の時間の何分の1かで、ひ押し20の壁をより詳細に描写することができる。坑道平面図作成のための測定を迅速に行い、平面図をより正確にすることにより、鉱山の開発および操業を最適にするのに必要なサービスのすべてを、岩石機械エンジニアだけでなく通風エンジニア、電気エンジニア、油圧エンジニアなどが利用可能である。

【0021】要約すれば、坑道平面図作成装置10は既知の初期位置、すなわちゼロ基準ポイント(ZRP)まで駆動され、装置10はZRPを検出し、坑道16内の整合方位を設定する。装置10が適当な測定を行うように、プラットフォーム12を周期的に停止させながらプラットフォーム12はゆっくりと水平坑道16を通るように駆動される。パラメータを記憶した後、測定値収集プロセスが完了するまで、プラットフォーム12はひ押し16を横断し続ける。

【0022】装置10に対するZRPを設定することは、おそらく最も重要な測定であるので、これまでシステムはその後の測定値の完全性を保証するように装置10の初期位置を較正するように考えられていた。

【0023】再び図1を参照すると、装置10は移動プラットフォーム12に搭載されており、次のものを含む。

慣性測定ユニット(IMU)18  
中央処理ユニット(CPU)20  
ビデオモニタ22  
ビジョンシステムプロセッサ24  
ビデオカメラ26  
近接レーザスキャナ28  
レーザレンジファインダ30  
レーザレンジファインダ32

プロット化コンピュータ34

入出力(I/O)モジュール36

I/Oブロック38

ゼロ速度更新(ZUP)警告ブザー40

ZUP停止ライト42

緊急停止スイッチ44

装置10の頭脳はIMU18である。ある地中の位置から別の位置へのナビゲーションに成功するためには、スタート位置を知らなければならない。従って、測位システムが必要である。外部の測位基準位置は容易に鉱山内部に到達できないので、坑道16のナビゲーションを行うにはジャイロスコープが搭載されたナビゲーション装置が好ましい。

【0024】ボウルダーを有する鉱山の比較的に凹凸のある床表面、ねずみ、輪郭のでこぼした表面などにより複雑な機械式の回転質量ジャイロスコープは、最終的に誤差および物理的な破壊を生じさせるようなジャリングおよび繰り返される信号を受けることがあると判断されている。これまでの米国鉱山局の研究によれば、可動部品のない頑丈な構造のリングレーザジャイロスコープは鉱山の坑道の平面図の作成のための荒っぽい使用に耐えることができると判断されている。

【0025】要約すれば、リングレーザジャイロスコープは閉じた三角形の通路に沿って対向するレーザビームを発射する。ジャイロスコープが静止している場合に基本的には2つのビームは互いにキャンセルし合い、この結果、適当なセンサによってゼロ状態が検出される。

【0026】ジャイロスコープが移動すると、対向するビームはケースによって同時に若干短縮または長くなり、この結果、位相差の変化を測定することができる。ジャイロスコープのメーカーの所有物であるソフトウェアを使用すると、ピッチ、高度、ロール角およびアジマス角の変化と共に、三次元における位置変化を測定するように情報収集を操作することができる。軍用では高度に複雑で、かつ正確なリングレーザジャイロスコープが使用されているが、工業用および業務用にはチューニングが外されたシステムを入手することができる。

【0027】特にフロリダ州セントペテルスブルクのハネウェル社は、ハネウェル・鉱石探査トンネルリングエイド(HORTA(商品名))と称されるリングレーザジャイロスコープを使用する、ストラップ吊り下げ民生用慣性測定ユニット(IMU)18を販売している。米国の石炭業界はいくつかの地中の連続探掘システムで、このHORTAユニットを使用している。これら探掘装置はオペレータがより安全な位置から装置の進行をモニタできるように、一部を自動化することができる。これら石炭探掘装置は主にアジマス角に関連しているが、硬質岩石の探掘ではアジマス角および位置が必要である。

【0028】IMUを利用する連続探掘装置のテストでは、データはIMUに対し一般的な増加誤差を示す。こ

れら誤差は振動によっても乱され大きくなる。30分操業した後の計算された誤差は東距誤差が0.2mであり、北距誤差は0.019mであった。60分の操業の後では東距誤差は0.19m、北距誤差は0.29mとなった。このようにこれら誤差は正確な坑道平面図作成のための測定には許容できない大きさである。例えば坑道は既に開発されており、装置は測定される（さらに必要に応じて位置測定をし直すことができる）ので、石炭採掘装置の位置の所定の誤差は許容することができるが、2つの交差する開発中の硬質岩石のひ押しに対し、50cmの大きさの誤差は（鉱石の）品質の問題を引き起こし、その結果、鉱山の開発コストがより高くなることとなる。

【0029】本発明は正確な横断および坑道平面図の測定を可能にするようIMU18における固有のひ押し誤差を克服するものである。

【0030】図1に示されたハードウェアは全て当業者に公知の電気通信手段に接続されている。プロット化コンピュータ34およびモニタ22は、状況によっては、適当な地中の定格RFまたはイーサネット（ETHERNET）リンクを介し、装置にリンクされた遠隔位置に設けることができる。さらにモニタ22が遠隔位置、例えば鉱山の表面に配置される場合、モニタ22の近くに配置された、プラットフォーム12を駆動するための標準的なリモートコントローラ（リモコン）により遠くから坑道16内の装置10を遠隔地のオペレータが安全にガイドし、制御することが可能となる。

【0031】既知の基準ポイントから位置変化を測定するのに使用されるIMU18は、CPU20と通信するために、ハネウェル社のHORTAおよびその所有するソフトウェアを利用している。作動中のプロトタイプの坑道平面図作成装置10では、パーソナルコンピュータ（いわゆる「パソコン」）から構成できるCPU20はVersa Modular Eurocard（商品名）であった。

【0032】CPU20はオペレータとIME18との間のインターフェースとして働き、装置10のステータスを表示し、近接レーザスキャナ28は車両12と坑道16の壁との間の距離を測定する。作動中のプロトタイプの装置10では移動車両12としてGefman（商品名）トラマーを使用した。この装置は2マンタイプの、ディーゼル駆動の操縦可能な四輪駆動カートである。ディーゼルエンジンは地中装置で見られる代表的な振動を引き起こした。四輪駆動のけん引構造により、プラットフォーム12は表面に凹凸のあるひ押し内で安全に作動可能にしている。ビジョンシステムプロセッサ24はIMU18の初期較正を保証するために、Itran（商品名）コーポレーション（ニューハンプシャー州マンチェスター）のIVS（商品名）グレイスケール検出器およびCCDビデオカメラ26を使用している。レーザレンジファインダ30および32は、坑道16の壁の距離およ

び位置を検出し、レーザスキャナ28を補足またはこれと置換するために使用することができる。

【0033】坑道平面図作成装置10を稼働させ、ハードウェアの関連する部品を作動させるために、次のソフトウェアパッケージを利用した。

【0034】A) プロセスウィンドウ（商品名）：（アルバート・エドモントン）のテラーインダストリアルソフトウェア社からのマン・マシン・インターフェースソフトウェアである。このソフトウェアパッケージは装置10のステータス全体、例えばZUP T、坑道のセッティング、坑道平面図データ、コンパス方位、データ記録ステータスなどをモニタ22上に表示する。

【0035】B) ウィンドウズNT（商品名）（ワシントン州シアトルのマイクロソフト社）でアプリケーションを管理する。

【0036】C) Dataview（商品名）ソフトウェア（オンタリオ州サドベリーのペンシシステムズ社）でIMU18の測定値を記録する。

【0037】D) Autocad（商品名）（カリフォルニア州サンラファエルのオートデスクインコーポレーション）CADデザインソフトウェアでデータを鉱山平面図および坑道平面図に処理する。

【0038】E) CPU20に設けられたWaltz（商品名）統合パーソナルコンピュータコントローラソフトウェア（テラーインダストリアルソフトウェア）で装置のすべての高速制御および関連する処理を実行し、コーディネートする。

【0039】作動時にIMU18は、まず初期位置の固定値、すなわちZRPを必要とする。従来どおり、車両12に固定されているレーザポイント46が地面に下向きのレーザビームを発射する。既知の地上探索ポイント60にレーザビームが直接かつ正確に入射するように装置10を位置決めする。この既知の位置60の座標をDataviewソフトウェアを介し、IMU18に登録する。この方法により、初期位置、車両の基準ポイント（VRP）およびその後の更新値が得られる。ZRPとVRPとは同一の値でよい。

【0040】VRPの座標がCPU20を介しIMU18によって処理されると、IMU18は真の北を検出し始める。位置の緯度に応じ、15〜25分の範囲の時間にわたりIMU18は地球の自転を検出し、VRPに回答し、空間内の位置を測定する。内蔵された所有権のあるソフトウェアにより、車両12の座標の表示値は実際の位置の極めて狭い許容値内に納まっていなければならない。そうでない場合、IMU18はその後の位置を正確に計算し、記録することができなくなってしまう。

【0041】既知の探索ポイント60に対し、大型の車両を精密に位置決めすることは、ドライバーの優れた技術を必要とする困難な作業である。スポッティング精度は最良の場合、4または5mmである。

【0042】これと対照的に、本ビジョンシステムプロセッサおよびカメラ26により、車両12をカメラ26の視野内に簡単に位置決めすることが可能となっている。レーザポイント46を使用し、車両12を注意深く位置決めする代わりに、ビジョンシステムプロセッサ24により、既知の基準ポイント48の視野内の任意の場所に許容可能な程度に不正確な状態で車両を初期設置することが可能である。次に、ビジョンシステムプロセッサ24は車両12の正確な位置を計算し、その座標をCPU20へ送る。

【0043】既知の基準ポイント48は座標が既知となっている坑道16の後方へ移動されるボルト／ワッシャ50のような任意のマーカでよい。

【0044】ビジョンシステムプロセッサ24は Itran 社のモデル IVSバージョン2.4のグレイスケールビジョンセンサであることが好ましく、このセンサはボルト／ワッシャ50の存在およびその正確な位置を確認するのに使用される。プロセッサ24はカメラ26によって記録された二次元画像をグレイスケール画像マトリックスへ変換し、このマトリックスは画像の大きさおよびエッジを検出し、目標の特徴を識別することができる。

【0045】理解できるように、Itran プロセッサ24（または同様なユニット）は、固定された場所を逐次通過する製品を光学的にスキャンするように開発されたものである。このシステムが品質管理用に使用される場合、大きさを測定し、許容値を確かめ、製品が製造された際の製品の傷を検出する。本発明ではプロセッサ24は視野内に入るボルト／ワッシャ50を探すように、本発明者たちによって改造されている。

【0046】プロセッサ24は基本的には視野内の識別されたエッジを探すグレイスケールの測定システムである。このプロセッサ24がエッジを検出すると、最初に記憶されたエッジから成る任意のゼロ設定点と受信された目標の第2のエッジとの間の距離測定を行う。ロッキングボルト／ワッシャ50の幅は既知の定数であり、この結果、ボルト／ワッシャ50のエッジは予め識別された値として記憶することができる。既知のボルト／ワッシャエッジ位置とカメラの視野の中心54（ある種のエッジ）との間の距離を測定することにより、X-Yオフセットの距離差を測定することができる。先に識別された値、この場合、所定のパラメータエッジ距離とXオフセット値およびYオフセット値との間の差がゼロになると、一致し、これが確認される。

【0047】カメラ26に対する視野が（4mの距離で）64cm×48cmである場合、ドライバはボルト50の下またはこの領域内のポイント上で車両12を停止するだけでよい。ビジョンシステム12は640ピクセル×480ピクセルの解像度を有し、補間法により1ピクセルの32分の1内の測定を行うことができる。従

って、高解像度画像は20480×15360のサブピクセルとなり、これは約0.03mmの二次元精度を与える。

【0048】カメラ26の視野の中心53における固定ポイントの特徴の位置はIMU18を基準とする。このポイントはレバーアームを介し、基準とされ、IMU18にこれらレバーアームが記憶される。IMU18はカメラの視野中心52からの位置をレポートする。次に、ビジョンシステム24は探査ポイント（ボルト／ワッシャ50）に対する位置をレポートし、CPU20は方向コサインマトリクスアルゴリズムを使用し、ピクセルに基づくオフセット座標を実世界の座標に変換する。

【0049】カメラ26の配置およびそのIMU18に対する相対的位置は、システムの精度にとって重要である。装置10は目標、アジマス角、ピッチおよびロールから距離を測定し、三次元オフセット値を決定しなければならない。このような操作により、車両12およびカメラ26を平らでない地面で停止させることによって生じる不整合誤差が除かれる。

【0050】図4はカメラ26が撮影しているものの代表図である。車両12はボルト／ワッシャ50（または他の任意の区別可能な固定された目標）の下に停車している。カメラの視野54の中心52は、目標50の直接上に位置する必要はない。

【0051】ビジョンシステム24は視野54内の目標を探すのにエッジ検出法を使用する。エッジ検出とは画像内のグレイスケール値のコントラストを検出する方法である。ルーフボルト／正方形ワッシャ50と周辺の岩石16との間にピクセルにおけるグレイスケール値の差があることにより、エッジピクセルが発生される。次に、所有権のある Itran 社のソフトウェアによって共通するグレイスケール値を組み合わせ、本例ではボルト／ワッシャ50である認識された特徴を発生する。次に大きさセンサと称されるソフトウェアアルゴリズムが、特徴の幅、中心位置または固定点からその特徴への距離を測定する。図4では中心線56はX位置のカーソルを示しているが、水平線58はY位置のカーソルを示している。水平軸58と垂直軸56との交点62とカメラの視野中心52との間の計算された距離はIMU18自身が空間内で配向できるようにする初期オフセット係数を示している。このオフセット係数により車両12のドライバは車両12を既知の基準ポイント48の下に正確に位置決めすることなく、装置10の位置を初期化することができる。レーザポイント46および公知の探査ポイント60は省略してもよい。

【0052】装置10がどこに位置するかを知った後に、IMU18はその区域の探査を進める。車両12が駆動されるとIMU18はデータを収集し、HORTA IMU18により位置変化を計算し、これを記録する。55秒の移動の後にI/Oブロック38を介し、ゼ

ロ速度更新(ZUPT)警告が行われる。警告ブザー40はオペレータに車両12を停止させることを勧める。このポイントでIMU18はZUPTを実行する。警告ブザー40が無視されると、ZUPTストップリクエスト42が点灯され、車両停止サブモードが作動する。明らかにIMU18は最大60秒ごとにその位置を更新しなければならず、そうしない場合、位置データは不良となる。停止期間中、IMU18が運動を検出しなければ、ZUPTが発生する。整合誤差が訂正され、ZUPTが5秒間続き、ここでジャイロスコプ動作およびメー

【0053】振動、短いZUPT時間、60秒のウィンドウ近くまで続くか、またはそれを超えるサイクル時間により、作動中に誤差は増加せざるを得ないので、ハネウェル社は多数の対策案を開発した。多数のZUPTSが生じるように、頻繁に短時間の固定された休止をとることが勧告されている。単位時間ブロック当たりのZUPTS数を多くすることによりさらに生じる整合誤差を除くことができる。

【0054】車両12の運動および空間の決定のために、CPU内に上記ソフトウェアがロードされている。IMU18のソフトウェアインターフェースはWaltz社のプログラムとコンパチブルであり、IMU出力(I/O)ドライバ36はIMU18を制御し、IMU18から直接データをアクセスするのに標準的なプログラム可能なロジックコントローラ(PLC)言語のアナロジーを利用している。

【0055】IMU18が自ら連続的に空間内で配向する間、移動中の坑道平面図作成装置10上のスポットと坑道16の壁および天井との間の距離を測定する装置として働くレーザスキャナ28またはレーザレンジファインダ30および32は、CPU20に探索ポイントを記録させる。

【0056】レーザレンジファインダ30および32はスキャナ28よりも高速で動くようであるので、これらレンジファインダは探索ポイントを測定する際にスキャナ28よりも良好であると判断されている。コサイン/サイン関数を使用する距離およびデータ訂正ソフトウェアを利用することにより、既知の姿勢にある距離測定ユニット(28または30/32)は探索ポイントの座標を計算でき、Waltz社のコントローラソフトウェアを通してプロット化コンピュータ34へデータを送ることができる。本願出願人は著作権を有する必要なソフトウェアを提供することができる。

【0057】CPU20からのデータ、例えばレンジファインダ30および32のデータ(レーザスキャナ28のデータ)およびWaltz社のソフトウェアからの位置座標をデータビュー収集ソフトウェアが収集し、コンピュータ34によってプロットされる坑道平面図の概略の

作成を開始する。

【0058】本発明の装置10の効果を判断するためにテストを行った。オンタリオ州サドベリーにおけるアイコクレイトン鉱山の立坑に設けられた2つのプラグの確認テストを行ったところ、満足できる結果が得られた。ひ押しの3立坑ランプに(ボルト/ワッシャ50に類似する)2つのプラグを配置した。

【0059】比較を行うことができるようになる前に、IMU18の座標をクレイトン社の標準鉱山(CMS)座標に訂正するための変換を研究し、実現しなければならなかった。

【0060】ユニバーサルトランスバースマーケイタ(UTM)とは、HORTA IMU18が位置をリポートする既知のマーケイタの射影に基づく標準マッピンググリッドシステムである。このシステムは、UTM座標系における北距、東距および緯度を発生する。

【0061】UTMはメートル法である。しかしながら多くの鉱山は既に英国の測定単位を使ってプロットされているので、メートル法のUTM座標系を英国の単位系の変更された基本形(MBS)に変換する必要がある。

【0062】次の変換式を使用し、これら式をCPU20に組み込んだ。

【0063】変換式： $\theta = 0^{\circ} 02' 45.8''$

<MBSからUTMへの変換>

北距UTM =  $[0.99984824 (\text{北距MBS} \cos \theta - \text{東距MBS} \sin \theta) + 16500503.823]$

$* 0.304709550855$

東距UTM =  $\{ [0.99984824 (\text{東距MBS} \cos \theta - \text{北距MBS} \sin \theta) + 588365.738] * 0.304709550855 \} + 500000$

【0064】<UTMからMBSへの変換>

北距MBS =  $(\text{北距UTM} \cos \theta - \text{東距UTM} \sin \theta) - 16503965.118$

東距MBS =  $(\text{東距UTM} \cos \theta - \text{北距UTM} \sin \theta) + 1216196.80405$

坑道平面図作成装置10を使ったデータの実際の収集には1時間半しかかからなかった。比較のため、週末に3人の探索者の2つのグループの各々がプラグまで同じ地中を横断した。この結果得られた座標の組は表1から分かるように極めて近似していた。

【0065】

【表1】

表1

既知の座標とIMU座標(単位:CSM)の間の差

Loc. 1-Loc. 2	Δ東距	Δ北距	Δ高度
従来	-0.14	0.84	-
IMU	-0.04	1.47	4.70

坑道平面図作成のため、IMU18により直接次のタイプのデータを収集する。

北距  
東距  
高度  
ピッチ  
ロール  
アジマス角

\* 座標の測定時刻

坑道の壁からの車両の距離

データを次の表形式で示すと有効である。

【0066】

【表2】

位置	北距 UTM	東距	高度	ピッチ (度)	ロール	アジマス角	時刻	距離 左	距離 右
1									
2									
3									
4									
5									
6									

CPU20を使ってこれらデータを電子的に収集することができる。これらデータはDataviewソフトウェアを使って、\*.dbf aZnd\*.txt のファイルフォーマットで記憶することができる。日々の分析と共に、各操業から得られる結果をディレクトリ内でロータスノート（商品名）（ニューヨーク州アーモンのIBM社）でアクセス可能な日々のログに表すことができる。

【0067】これとは異なり、データの同期化およびできるだけ速いデータ収集速度を保证するように、Waltz社のソフトウェアを使ってレーザレンジファインダ30および32（および/またはスキャナ28）からのデータを収集してもよい。レーザレンジファインダ30および32の位置/姿勢データの初期推定値を320ミリのインターバルで収集することができる。車両12が毎秒1m（毎時3.6km）で走行している場合、装置10は約30cmの解像度を得ることができるようである。

【0068】適当な統計学的ツール（例えば反復性を分析する際のtの二乗）を使ってデータを分析することができる。主な分析手法は平均偏差値を見つけることによる直接比較法である。未処理データおよび分析データを表示するのにエクセル（商品名）（マイクロソフト社）のスプレッドシートおよびグラフを使用することができる。

【0069】オンタリオ州カパークリフのケリーレークロード工業パークの実験建築アウトラインを作成するのに、坑道平面図作成装置10を使用した。図5を参照されたい。装置10は左側しか見ていない。車両12はZUPTのために必要な停止をしながら低速で駆動される。点線は装置10の走行路を示しているが、実線は装置10が左側を見た場合のビルのアウトラインを示す。IMU18が異なる方向を見る場合には、より詳細な図を得ることができる。しかしながら予備的な坑道平面図である図5は、装置10の能力を示している。

【0070】上記説明は主にユーティリティ車両12上※50

※のIMU18を使った坑道平面図作成装置に関するものであるが、本発明の装置10はアクセス可能な領域内を歩行する人が坑道平面図を迅速かつ正確に作成できるように、小型にすることができる。さらに、本自動化装置10は他のタイプの自動ガイド装置、例えば開発ジャンボ、製造ドリル、爆発物装填機、ロボット、トラック、スクープトラム、ローダなどと共に使用できるように改造することができる。

【0071】

【発明の効果】本発明によれば、坑道の平面図を作成したり、その他の用途のために地中の坑道または構造物を正確に横断し、測定することの可能な、自動化された移動測位装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態の平面図である。

【図3】本発明の別の実施形態の後面図である。

【図4】本発明の一実施形態の光学的特徴を示す説明図である。

【図5】坑道平面図の一部の一例を示す図である。

【符号の説明】

18 慣性測定ユニット（IMU）

20 中央処理ユニット（CPU）

22 ビデオモニタ

24 ビジョンシステムプロセッサ

26 ビデオカメラ

28 近接レーザスキャナ

30 レーザレンジファインダ

32 レーザレンジファインダ

34 プロット化コンピュータ

36 入出力（I/O）モジュール

38 I/Oブロック

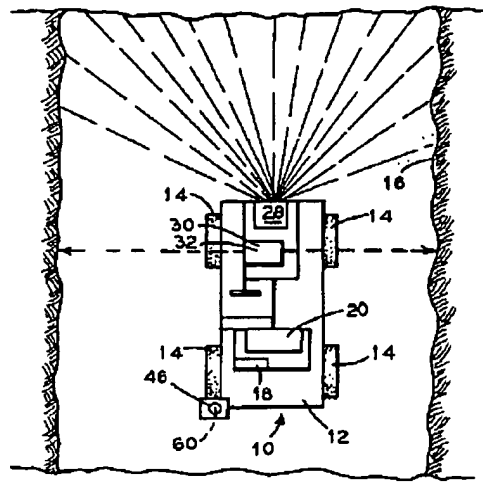
40 ゼロ速度更新（ZUPT）警告ブザー

42 ZUPT停止ライト

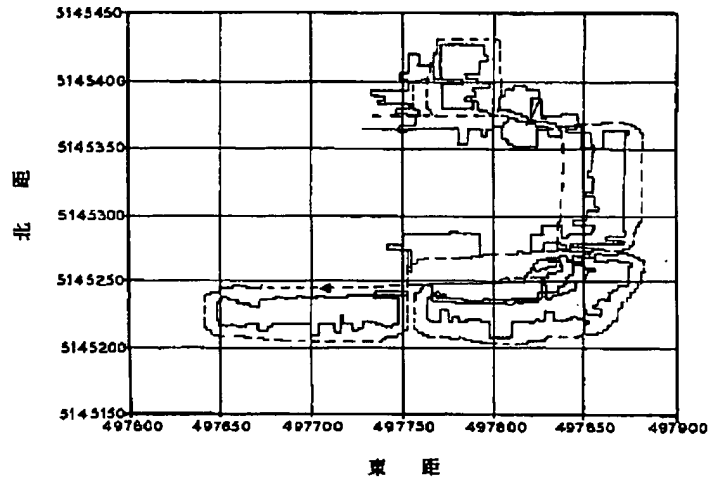
44 緊急停止スイッチ



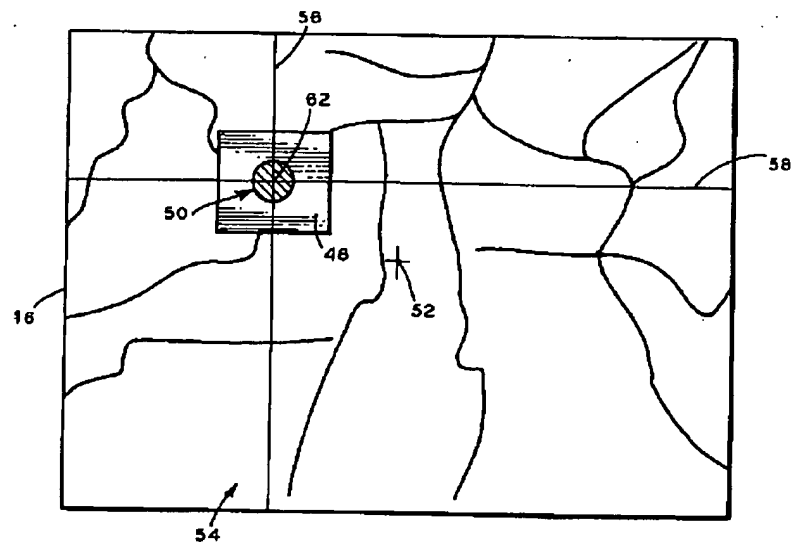
【図2】



【図5】



【図4】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2C032 HB05 HD03 HD29  
2F029 AA08 AB03 AC02 AC04 AD04  
AD07  
9A001 JJ11 JZ78 KK52

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**